

LA CAJA DE HERRAMIENTAS DE UN MATEMÁTICO

(Hay un montón de cosas que necesitas para
ser un profesional
y que nunca te contaremos durante la carrera)

E. MACIAS VIRGÓS

Departamento de Geometría y Topología, Facultad de Matemáticas, Universidad
de Santiago de Compostela.

Introducción

Cuando yo era estudiante eran muy escasas las conferencias en la Facultad que, tratando de las Matemáticas, no fuesen estrictamente clases o seminarios. En consecuencia no teníamos una visión global de nuestra profesión, acabábamos la carrera sin tener ni idea de sus salidas profesionales, y ni siquiera sabíamos muy bien qué hacían nuestros profesores fuera de las horas de clase. Por eso esta *Andaina* me parece una de las actividades más interesantes que se desarrollan en la Facultad, y agradezco la oportunidad que se me ha dado de participar en ella.

Esa falta de preparación complementaria es un fenómeno que no es exclusivo de nuestra Universidad, sino que es bastante general. Como dijo Steven Krantz¹ *“La nuestra es una profesión en la que somos abandonados a nuestra suerte para imaginarnos cómo funciona. Nadie nos enseña cómo dar clase, nadie nos dice cómo escribir un artículo ni cómo conseguir que se publique”*.

Y sin embargo, como he puesto en el subtítulo de esta charla, hay un montón de cosas que uno debe conocer si quiere convertirse en un profesional. Mi experiencia con mis propios alumnos me dice que cuando se les habla de qué es una Sociedad matemática, cómo se organiza un Congreso, qué hay que hacer para publicar un artículo en una revista, siempre les parecen temas interesantes pero de los que no saben casi nada. Con mis alumnos de Grupos de Lie incluso he organizado algún “safari” a la Biblioteca, simplemente para que vean dónde se guardan las revistas y libros de investigación, a los que normalmente no accedéis los estudiantes.

Por eso, cuando Elena me propuso hablar aquí sobre algunos proyectos en los que ahora estoy metido, y que tienen que ver con las bases de datos, con las publicaciones electrónicas y la digitalización, pensé que podía intentar ser algo más ambicioso y

¹ Steven G. Krantz, *A primer of mathematical writing*, Amer. Math. Soc. 1997.

contaros unas cuantas cosas que todos los matemáticos profesionales conocemos, pero que a lo mejor no todos vosotros sabéis.

Le he llamado “la caja de herramientas” porque es eso, lo que uno tiene encima de su mesa para trabajar. Así que no hablaré en realidad de Matemáticas, sino de los matemáticos y matemáticas, de las personas que hacen Matemáticas y de lo que utilizan en su trabajo.

¿Qué es un matemático?

En realidad, deberíamos dar una primera definición: ¿qué es un matemático? Pues es una persona que se dedica al cultivo, enseñanza, difusión y aplicación de las Matemáticas como ciencia y como instrumento al servicio de la sociedad; que crea Matemáticas, las difunde y las aplica a otras áreas de conocimiento. Pero esta definición es tautológica.

Probemos con esta otra, de Ian Stewart, uno de los grandes divulgadores de las Matemáticas: un matemático es alguien que ve una oportunidad para hacer Matemáticas donde los demás no la ven.

Esta definición es excelente. Recuerdo perfectamente cómo hace unos años, en un Congreso en Coimbra, uno de los mejores topólogos españoles, J.M. Montesinos, nos habló en una conferencia sobre la teoría de nudos, y se refirió a unos lazos de piedra en la fachada de la Catedral. Aunque todos la habíamos visto y visitado, sólo él había hecho inmediatamente esa relación con las Matemáticas.

Pero aquí queremos hablar de las Matemáticas como profesión, y antes de empezar querríamos saber cuál es nuestro perfil profesional. Eso es algo que tenemos bastante claro cuando hablamos de un abogado, un médico, o un electricista, pero no de nosotros. Incluso para algunos, las matemáticas no son más que una afición. He aquí una cita de Vieta²: “Yo, que no hago profesión de matemático, pero a quien encanta el estudio de las Matemáticas, cuando tengo tiempo libre”.

Y como señalan Howson y Kahane³, para los jóvenes que van a empezar una carrera, las matemáticas son un tema, un asunto, incluso una técnica, pero no una profesión.

Una primera aproximación a un perfil profesional es considerarnos científicos (por lo menos hay una idea bastante definida de lo que eso significa: bata blanca y personalidad despistada) y darle más o menos peso, según el caso, a cada uno de los paradigmas⁴. teórico, experimental o computacional (simulación). Otros preferirán incluirse en el perfil de profesor. Y poco a poco iremos reconstruyendo los perfiles profesionales en que todos pensamos:

- Profesor/a de enseñanza secundaria;
- Profesor/a de Universidad;
- Investigador/a: CSIC, otros;

² Vieta 1595, citado en el artículo de O'Connors y Robertson para MacTutor.

³ A.G. Howson y J.P. Kahane. *The popularization of mathematics*, ICMI Studies, Cambridge University Press 1990.

⁴ Paradigma significa ejemplo, y también esquema formal que sirve como modelo para una construcción gramatical. Thomas S. Kuhn (1962) usó la expresión “paradigma científico” en el sentido de esquema de pensamiento, conjunto de conceptos y métodos de análisis de la realidad utilizados por los científicos.

- Administración pública: INE, IGE;
- Empresas privadas: auditorías, consultorías, informática, ingeniería.

Pero la realidad es mucho más dura. Si os vais al catálogo oficial de actividades o profesiones, es decir el que se aplica (o se aplicaba hasta hace unos años) para calcular la tarifa del Impuesto de Actividades Económicas, veréis que estamos incluidos en la División 7, junto a los economistas, abogados y agentes de seguros:

División 7.

Profesionales relacionados con las actividades financieras, jurídicas, de seguros y de alquileres.

Agrupación 76. Profesionales de la informática y de las ciencias exactas.

Grupo 761. Doctores y licenciados en ciencias exactas y estadísticas.

Otras profesiones en la misma agrupación son: doctores, licenciados e ingenieros en informática; programadores y analistas; diplomados en informática; grabadores y otros profesionales auxiliares del tratamiento electrónico de datos. Sin embargo, nosotros pertenecemos a una comunidad bien definida y limitada, como lo prueba el que todos entendamos este chiste (que por ejemplo, mi madre no entiende):

“Me dí cuenta de que no valía para las Matemáticas el día en que el profesor dijo “tomemos un epsilon menor que 37” y todo el mundo se rió”.

Somos una comunidad, como decía Paul Halmos⁵:

“La comunidad matemática es un poco como una hermandad sacerdotal, que se perpetúa a sí misma. Los matemáticos de hoy enseñan a los del mañana, y, en efecto, deciden a quién admiten en la hermandad.”

Si queréis comprobar si pertenecéis al club, haced el siguiente test. Contestad estrictamente SÍ o NO a las siguientes preguntas y anotad el número de síes.

TEST

Conocimientos	¿Has hecho integración por partes?
	¿Conoces el método de Newton?
	¿Has usado el teorema del valor medio?
	¿Has hecho un cambio de base?
	¿Cuando oyes la palabra “anillo” piensas en...?
	¿Sabes lo que significa QED?
	¿Sabes de memoria cuánto vale 2^{16} ?
	¿Has multiplicado alguna vez 142857 por 3?
Juegos	¿Puedes hacer el cubo de Rubik sin ayuda?
	¿Has construido alguna vez un dodecaedro?
	¿Sabes jugar al Go?
	¿Le has ganado alguna vez a un ordenador jugando al ajedrez?
Costumbres	¿Sabes la probabilidad de hacer una escalera jugando al póquer?
	¿Has dicho la palabra “trivial” más de dos veces en las últimas 24 horas?
	¿Te olvidas a menudo de comer?

⁵ Paul Halmos, *I want to be a mathematician: an automathography*, Springer-Verlag 1985.

Experiencias	¿Cuando te preguntan “sigue lloviendo o ya paró” contestas “sí”?
	¿Has trabajado en un problema hasta después de las 3 de la mañana?
	¿Leíste alguna vez un libro de Matemáticas?
	¿Has tenido algún sueño excitante sobre Geometría?
Perfil	¿Has calculado aproximadamente “pi” o “e” en el ordenador?
	¿Tienes alucinaciones con el último número natural?
	¿Eras más listo/a que tu profe de Matemáticas en el colegio?
	¿Eres zurdo/a? ⁶
Entiendes esta frase?	¿Tocas algún instrumento musical? ⁷
	¿Te parece que alguna de las preguntas anteriores estaba pensada para ti?
	El núcleo del adjunto de la transformación lineal es el espacio aniquilador de la imagen de la transformación, pero también es el espacio dual del cociente del espacio del que la imagen es un subespacio por el subespacio imagen.

Bien, la prueba era una broma, pero si lo pensáis han sido saliendo algunas señas de identidad de nuestra comunidad, *componentes de la cultura matemática*⁸:

- Conocimiento de hechos y métodos;
- Desarrollo de una cierta manera de pensar y de atacar los problemas;
- Conocimientos de la historia de los conceptos y teorías matemáticos;
- Conocimiento de desarrollos recientes.

Así vamos perfilando lo que es nuestra profesión.

¿Cómo funciona?

Bueno, pero ¿cómo funciona esta comunidad? De hecho vosotros habéis visto o conocido a algunos matemáticos: vuestros profesores, los matemáticos famosos de la historia; pero podemos hacernos algunas preguntas, por ejemplo.

(i) ¿Cuántos matemáticos hay en el mundo?

He aquí algunos números, extraídos de distintas fuentes: según las bases de datos bibliográficos, 400.000 personas han publicado algún artículo de investigación en Matemáticas desde la segunda guerra mundial; según la Sociedad Matemática Americana, 40.000 matemáticos/as son contratados cada año en USA (50% en puestos académicos); y podemos estimar en 2.000 el número de licenciados / as por la Universidad de Santiago desde que se creó la Facultad en los años 60. Estos datos y otros similares nos llevan a pensar que hay en el mundo entre 1 y 2 millones de matemáticos.

(ii) ¿Dónde están?

Puestos no académicos(USA)	Empleos por sector (España)
Especialidad matemática 24-40%	Docencia no universitaria 32%
Informática, computación, software 35-42%	Docencia universitaria 11%

⁶ La proporción de zurdos, que en la población general es de un 10%, es más alta entre los matemáticos.

⁷ No sólo formalmente la música es atractiva para los matemáticos, y recíprocamente, sino que al parecer las áreas cerebrales que intervienen en ambas actividades son análogas. No olvidemos tampoco la importancia de matemáticos como Pitágoras en la elaboración de las primeras escalas musicales.

⁸ Howson; Krahane, *ibídem*.

Investigación y desarrollo 11-23%

Consultoría 6-9%

Ingeniería, análisis de riesgos 8-9%

Fuente SIAM

Informática y telecomunicaciones 25%

Consultoría 9%

Banca, finanzas 8%

Administración pública 6%

Industria 3%

Otros 6%

Fuente: Libro Blanco ANECA

Probablemente sabéis que la NSA, la agencia de seguridad norteamericana, contrata a miles de matemáticos para descryptar las comunicaciones en Internet; también la ESA (Agencia Espacial Europea) o IBM contratan matemáticos. Algunos datos de dónde trabajan los matemáticos están en las tablas que adjunto. Los datos de España, se aplican a Galicia con algunas reservas, dados nuestros escasos recursos industriales; pero en todo caso no responden a la idea de que los matemáticos sólo servimos para dar clases.

(iii) Directorio de matemáticos

"Dónde están" puede también significar cómo localizarles físicamente. Hasta hace unos años, la Unión Matemática Internacional (IMU) publicaba un grueso libro, el Directorio Mundial de Matemáticos, donde podían encontrarse los datos relevantes y la dirección de miles de colegas de todo el mundo. En España se publicó *QuiénMAT*, editada por el CSIC, con el mismo propósito. Siempre hubo, además, listados de matemáticos por especialidades, al estilo de unas páginas amarillas de la guía de teléfonos. En la actualidad está en marcha la elaboración de EWDM⁹ Directorio Electrónico Mundial de Matemáticos, en el que podremos encontrar entre muchos otros, la página web del actual presidente de IMU, John Ball, de la Universidad de Oxford.

Fijaos en que no siempre es tan evidente encontrar los datos de una persona con un buscador como Google!! El motivo es que si pones tus datos en una página web, estás en manos de los robots araña que recorren la red buscando direcciones de correo electrónico. Por eso se tiende a ocultarlas¹⁰ para evitar recibir *spam* (correo basura).

¿Cómo se organizan?

Bien, ya sabemos a qué se dedican los matemáticos, y dónde encontrarlos. Pero, como toda comunidad, la nuestra no es amorfa, está organizada de alguna forma. Esto podemos entenderlo de varias maneras.

(i) Áreas de Matemáticas

Hay tres clases de matemáticos: los que saben contar y los que no.(popular)

⁹ <http://www.mathunion.org/ewdm/>

¹⁰ Lo mejor hoy en día es pegar la dirección en forma de imagen, no de texto.

Lo primero es pensar en sus ecosistemas, sus nichos ecológicos, que se llaman áreas. Vosotros conocéis las cinco grandes áreas, que oficialmente en España son Álgebra; Análisis matemático; Geometría y Topología; Estadística e Investigación Operativa; Matemática Aplicada. Pero de nuevo la realidad es un poco más complicada. Vamos a mirar el MSC 2000 (Mathematics Subject Classification). Es una clasificación elaborada por un acuerdo entre las bases de datos *Mathematical Reviews* (americana) y *Zentralblatt* (europea) y consta de 5.000 temas diferentes que cubren todas las áreas de Matemáticas, mediante un sistema de subclasificaciones. Por ejemplo 57R30 significa Teoría geométrica de foliaciones; está dentro de 57R, que es la Topología Diferencial, que a su vez está dentro de 57 (variedades y complejos celulares).

Mathematics Subject Classification MSC 2000

<u>00-XX</u> General	<u>45-XX</u> Integral equations
<u>01-XX</u> History and biography	<u>46-XX</u> Functional analysis
<u>03-XX</u> Mathematical logic and foundations	<u>47-XX</u> Operator theory
<u>05-XX</u> Combinatorics	<u>49-XX</u> Calculus of variations and optimal control; optimization
<u>06-XX</u> Order, lattices, ordered algebraic structures	<u>51-XX</u> Geometry
<u>08-XX</u> General algebraic systems	<u>52-XX</u> Convex and discrete geometry
<u>11-XX</u> Number theory	<u>53-XX</u> Differential geometry
<u>12-XX</u> Field theory and polynomials	<u>54-XX</u> General topology
<u>13-XX</u> Commutative rings and algebras	<u>55-XX</u> Algebraic topology
<u>14-XX</u> Algebraic geometry	<u>57-XX</u> Manifolds and cell complexes
<u>15-XX</u> Linear and multilinear algebra; matrix theory (finite and infinite)	<u>58-XX</u> Global analysis, analysis on manifolds
<u>16-XX</u> Associative rings and algebras	<u>60-XX</u> Probability theory and stochastic processes
<u>17-XX</u> Nonassociative rings and algebras	<u>62-XX</u> Statistics
<u>18-XX</u> Category theory, homological algebra	<u>65-XX</u> Numerical analysis
<u>19-XX</u> K-theory	<u>68-XX</u> Computer science
<u>20-XX</u> Group theory and generalizations	<u>70-XX</u> Mechanics of particles and systems
<u>22-XX</u> Topological groups, Lie groups	<u>74-XX</u> Mechanics of deformable solids
<u>26-XX</u> Real functions	<u>76-XX</u> Fluid mechanics
<u>28-XX</u> Measure and integration	<u>78-XX</u> Optics, electromagnetic theory
<u>30-XX</u> Functions of a complex variable	<u>80-XX</u> Classical thermodynamics, heat transfer
<u>31-XX</u> Potential theory	<u>81-XX</u> Quantum theory
<u>32-XX</u> Several complex variables and analytic spaces	<u>82-XX</u> Statistical mechanics, structure of matter
<u>33-XX</u> Special functions	<u>83-XX</u> Relativity and gravitational theory
<u>34-XX</u> Ordinary differential equations	<u>85-XX</u> Astronomy and astrophysics
<u>35-XX</u> Partial differential equations	<u>86-XX</u> Geophysics
<u>37-XX</u> Dynamical systems and ergodic theory	<u>90-XX</u> Operations research, mathematical programming
<u>39-XX</u> Difference and functional equations	<u>91-XX</u> Game theory, economics, social and behavioral sciences
<u>40-XX</u> Sequences, series, summability	<u>92-XX</u> Biology and other natural sciences
<u>41-XX</u> Approximations and expansions	<u>93-XX</u> Systems theory; control
<u>42-XX</u> Fourier analysis	<u>94-XX</u> Information and communication, circuits
<u>43-XX</u> Abstract harmonic analysis	<u>97-XX</u> Mathematics education
<u>44-XX</u> Integral transforms,	

(ii) Sociedades

Otra forma de ver cómo se organizan los matemáticos es por sociedades. Las sociedades son importantísimas, porque vertebran la profesión, sirven de grupo de presión y te ofrecen muchos servicios. En España tenemos unas cuantas:

- [RSME](#):¹¹ Real Sociedad Matemática Española;
- SEMA: Sociedad Española de Matemática Aplicada;
- SEIO: Sociedad de Estadística e Investigación Operativa;
- SEIEM: Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática;
- SHCYT: Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas;
- FESPM: Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas;
- [AGAPEMA](#):¹² Asociación Galega de Profesores de Educación Matemática;
- [ENCIGA](#):¹³ Asociación de Ensinantes de Ciencias de Galicia.

La más antigua y la que tiene mayor número de socios es la [RSME](#)¹⁴, fundada en 1911 por Julio Rey Pastor. En una visita a su página web veremos que organiza la Olimpiada Matemática, publica *La Gaceta* y organiza actividades de todo tipo. Además integra distintas Comisiones que cubren un espectro muy amplio de asuntos, desde las relaciones internacionales hasta el tema de mujeres y matemáticas.

Es muy importante ser socio de alguna sociedad. Normalmente existen acuerdos de reciprocidad para poder ser socio de más de una sin un coste excesivo.

(iii) Organizaciones

Veamos ahora algunas organizaciones.

- CEMAT¹⁵: es el Comité Español de Matemáticas, que está formado por todas las sociedades matemáticas y por varias Comisiones que se encargan de diferentes temas como: Información y Comunicación Electrónicas, Desarrollo y Cooperación, Historia de la Ciencia, Educación. Es el Comité que representa a España en la Unión Matemática Internacional (IMU).
- IMU¹⁶: En esta organización están representados los distintos países del mundo, clasificados según su categoría científica en Matemáticas desde una a cinco estrellas (España tiene cuatro). IMU organiza los Congresos Internacionales de Matemáticas, que tienen lugar desde finales del siglo XIX cada cuatro años; entrega las medallas Fields; elabora recomendaciones profesionales; y lleva a cabo diversas actividades en terrenos como la investigación y la educación (comité ICMI). Forma parte de ICSU (International Council for Science).

¹¹ <http://www.rsme.es>

¹² <http://www.agapema.com/>

¹³ <http://www.enciga.org/>

¹⁴ <http://www.rsme.es>

¹⁵ <http://www.ce-mat.org>

¹⁶ <http://www.mathunion.org/>

- EMS¹⁷: La página web de la Sociedad Matemática Europea es excelente. Ahí podéis encontrar información no sólo sobre la propia sociedad sino sobre proyectos europeos relacionados con las Matemáticas, noticias de interés y recursos on-line como la Biblioteca Electrónica de Matemáticas o el archivo de modelos geométricos electrónicos¹⁸.

¿Cómo se relacionan?

Bien, ya vamos teniendo una idea clara de cómo están organizados los matemáticos. Pero las relaciones personales son importantísimas en cualquier profesión, y para eso se organizan los Congresos, seminarios, jornadas y encuentros. Allí se cuenta lo que uno hace, se conoce a la gente personalmente, y en el mejor de los casos se planifica un trabajo conjunto.

(i) El número de Erdős

Aproximadamente un 5-10% de los matemáticos se dedica a la investigación. Para saber con quien se relaciona un investigador dado podemos calcular su número de Erdős. Veamos en qué consiste. Cuando se publica un trabajo con alguien, se le llama "coautor"; así podéis medir la distancia entre dos personas. La distancia con tu coautor X es 1, y si él ha publicado otro artículo con el matemático Y, entonces tu distancia con Y será 2. Como Paul Erdős (1913-1996) fué con diferencia el matemático más prolífico del siglo XX, con más de 1500 artículos publicados (duplica en producción al siguiente), se ha creado la costumbre de medir la distancia a él, que para un investigador en activo raramente supera 6 (!).

Por ejemplo, en el servidor MathSciNet de la AMS¹⁹ hemos calculado el número de Erdős de un profesor de la Facultad (J. M^a. Isidro). El resultado es 3:

Artículo y año		
José María Isidro	László L. Stachó	Holomorphic automorphism groups in Banach spaces (1985)
László L. Stachó	Karl-Heinz Indlekofer	On sets of uniqueness for completely additive arithmetic functions. (1996)
Karl-Heinz Indlekofer	Paul Erdős	Multiplikative Funktionen auf kurzen Intervallen. (1987)

Aprovechemos para dar algunos datos²⁰: como hemos dicho, aproximadamente un 5-10% de matemáticos se dedica a la investigación y publica artículos. De éstos, la media de artículos publicados por un matemático es 7; sin embargo la mediana es sólo 2, lo que quiere decir que muchos investigadores únicamente publican los resultados de su Tesis doctoral. De hecho, algo más del 55%

¹⁷ <http://www.emis.de/>

¹⁸ <http://www.eg-models.de/>

¹⁹ <http://www.ams.org/msnmain/cgd/index.html>

²⁰ Datos tomados de la página del Erdős Number project, <http://www.oakland.edu/enp/>

de autores sólo ha publicado un artículo. Finalmente, el número medio de autores por artículo es 1,51, y aunque va en aumento, todavía es raro encontrar artículos firmados por tres o más autores (al contrario de lo que ocurre en otras ciencias).

(ii) El árbol genealógico

Otra forma de ver cómo se relacionan los matemáticos entre sí es el llamado *proyecto de genealogía matemática*. Sirve para los que son Doctores, es decir que han hecho una Tesis doctoral. La Tesis es un trabajo inédito y original, que se interpreta como una capacitación para ser investigador. Suele ocupar unos tres o cuatro años, y se realiza bajo la tutela de un Director de Tesis. Si consideramos a los Directores como padres / madres y a los doctorandos como hijos / as, podemos construir un árbol genealógico con los datos disponibles en la página Maths Genealogy²¹ del Departamento de Matemáticas de la Universidad estatal de Dakota del Norte.

Tomemos por ejemplo a Nan Chen, de la Universidad de Columbia, que leyó la tesis en el año 2000. Su director fue Hervé Jacquet, en cuya ficha vemos que tuvo otros doce estudiantes de doctorado. Además, Jacquet leyó la tesis en París, en 1967, bajo la dirección de Roger Godement. A continuación descubrimos que a éste último le dirigió la tesis Henri Cartan, uno de los grandes matemáticos del siglo XX (que acaba de cumplir 100 años), miembro del grupo Bourbaki, y que tuvo como discípulos a gente tan importante como Karoubi, Leslie o Serre, formando una de las grandes escuelas de geometría. Finalmente, Cartan leyó la tesis en 1928, bajo la dirección de Paul Montel, que también fue el director de Jean Dieudonné.

Así podríamos reconstruir todo el árbol genealógico.

(iii) Lenguaje

También el lenguaje es una seña de identidad de una comunidad, y un pequeño chiste que circula por Internet es éste:

Cuando dicen:	En realidad quieren decir:
TRIVIAL	Un estudiante podría hacerlo en tres horas
SENCILLO	Un buen estudiante puede hacerlo en una semana
FÁCIL	El profesor puede hacerlo él (eso cree)
OBVIO	El profe está casi seguro de que está en sus apuntes
ES BIEN CONOCIDO	Lo vió una vez, pero ha olvidado cómo se hace
PUEDE PROBARSE	Cree que debe ser cierto, pero no tiene ni idea de cómo demostrarlo
LO DEJAMOS COMO EJERCICIO	Está sin resolver

¿Qué usan?

²¹ <http://genealogy.math.ndsu.nodak.edu/index.html>

Bien, llegamos al *meollo* de la charla, que es en realidad lo que os había prometido. ¿Qué tenemos los matemáticos profesionales encima de la mesa, o en nuestros armarios, o en nuestro ordenador? Voy a procurar no referirme a lo que es obvio (Matemáticas, Matemáticas, Matemáticas), ni a lo que tenga todo el mundo (bolis, ordenatas) ni a lo que podáis imaginaros fácilmente (programas tipo FORTRAN o MATHEMATICA o DERIVE, que espero que aprendáis durante la carrera).

Algunas cosas que diré serán para algunos una trivialidad. Perdonadme, pero también me sirven de pié para hacer comentarios sobre nuestra profesión. Por supuesto, todo estará muy sesgado por lo que yo hago, o por mis preferencias.

(i) Correo electrónico / Foros / Mensajería

La primera actividad del día para muchos de nosotros es leer el correo y escribir cartas. Puede pareceros una tontería, pero muchos perdemos por lo menos una hora con eso. No es extraño recibir unos 100 mensajes al día, que hay que filtrar, organizar y responder. Hasta unas 3/4 partes pueden ser correo basura. El correo electrónico, y sus variantes (foros, servicios de mensajería) se han convertido en una herramienta imprescindible para comunicarse, organizar reuniones, enviar material y cotillear.

(ii) El Currículum Vitae

Otra tontería, pero que os consumirá mucho tiempo. Es importantísimo que desde ahora vayáis apuntando todo lo que hacéis, todo lo que pueda tener un interés profesional.

En el C.V. se incluyen todos los datos personales y académicos, y los méritos de docencia e investigación. También todo lo relativo a vuestra formación: profesores y tutores que habéis tenido (cuando tenga interés citarlos), asistencia a conferencias, seminarios y congresos; premios y becas que hayáis recibido. Tal vez podéis apuntar los libros que leéis. Si sois sistemáticos tomando nota de lo que hacéis, al cabo de los años habréis recopilado un material precioso; tiempo habrá para filtrarlo y depurarlo según avance vuestra carrera profesional.

Currículum Vitae

Estancias en Centros, asistencia a Congresos

Artículos, Comunicaciones, Apuntes, Software

Conferencias invitadas,

Experiencia docente, alumnos de doctorado

Actividades editoriales, servicios académicos y a sociedades

Presentaciones, charlas, cursos

Memoria docente, ideas sobre la enseñanza

Proyecto de investigación

Debéis ir madurando vuestras ideas para preparar en algún momento un proyecto docente o un proyecto de investigación. A medida que vuestra carrera crezca, algunas cosas os parecerán más importantes y otras no.

En la *Memoria docente* incluiremos nuestra experiencia docente previa, una programación del curso que vamos a impartir, nuestra filosofía educativa, la metodología didáctica y los métodos de evaluación. Hablaremos también del material que hayamos elaborado, como apuntes, libros o software; y del uso que pretendemos hacer de distintas tecnologías (calculadora, Internet, hoja de cálculo). La memoria docente será importante cuando preparéis oposiciones.

Eventualmente en la investigación, cuando solicitemos financiación, necesitaremos elaborar un *proyecto de investigación*. En él debemos citar nuestra experiencia investigadora, la participación en equipos de investigación y la cooperación con otros proyectos. En cuanto al tema a investigar, hablaremos de los antecedentes, los resultados ya alcanzados, los objetivos que nos fijamos y la planificación para intentar realizarlos. Incluiremos también la bibliografía más relevante.

(iii) Página web personal

Una página web²² personal es una manera de haceros visibles. Es esencial que deis a conocer vuestro trabajo y a vosotros mismos. En la página podéis incluir o no una foto (en ocasiones esto será importante para los demás, pero a mucha gente no le gusta ponerla), y vuestras coordenadas (dirección, teléfono). Recordad que hay que ser cuidadoso con poner el correo electrónico en la forma usuario@dirección o análoga; seréis incluídos en una lista de correo que os inundará de correo basura.

En la página conviene incluir material: tanto para daros a conocer (Currículum Vitae) como para ser útiles al resto de la comunidad (publicaciones, enlaces, programas). Aunque el aspecto físico de una página web es muy personal, conviene que conozcáis el proyecto [MATHNET](http://www.math-net.de/)²³ de la Unión Matemática Internacional para crear un tipo estándar de organización de una página web, al que se recomienda que se ajusten los departamentos, institutos y páginas personales de los matemáticos. Esto permite localizar rápidamente información (a los humanos y a los robots) como publicaciones, datos personales o material didáctico.

(iv) Páginas Web

El uso de Internet es muy importante. Tenéis que ir seleccionando páginas web que os sirvan para vuestro trabajo, bien sea en la enseñanza, en la investigación o en una empresa. Citaré dos importantes:

- **DIVULGAMAT**²⁴ (Centro Virtual de Divulgación de las Matemáticas) es la página web desarrollada por la Comisión de Divulgación de la Real Sociedad Matemática Española (RSME). Entre otros muchos recursos interesantes contiene secciones sobre historia de las Matemáticas, problemas, exposiciones virtuales, textos on-line y publicaciones de divulgación.

²² Puedes conseguir de manera gratuita un dominio fácil de recordar como www.tunombre.tk en la página de Tokelau, un pequeño atolón independiente en el Pacífico.

²³ <http://www.math-net.de/>

²⁴ <http://www.divulgamat.net/>

- El archivo *MacTutor*²⁵ de historia de las Matemáticas, de la Universidad escocesa de St. Andrews, es la referencia habitual cuando queráis conseguir la biografía de un matemático. Eso no quiere decir que todos los artículos sean de la misma calidad, y además están en inglés.

(v) Detector de mentiras

Además podemos encontrar información ALUCINANTE en la red. La siguiente noticia apareció hace unos meses en un periódico de Málaga:

El Pitágoras de Alhaurín: Un mecánico malagueño asegura haber encontrado la solución al enigma matemático de la cuadratura del círculo; un complejo problema milenario que trajo de cabeza a genios de la talla de Hipócrates o Arquímedes. El misterioso problema se cruzó en su vida por casualidad. Mientras ojeaba un diccionario. «Leí lo de la cuadratura y me llamó la atención. Pensé que era sencillo e intenté buscar la fórmula yo solito», explica. Así empezó todo.

Esta otra noticia también es muy interesante.

El enigma de la distribución de los números primos ha encontrado respuesta en un sistema matemático llamado Solución F6, basado en la teoría tetraléctica de la ancestral cultura Tiwanaku. Tres científicos bolivianos entregaron esta semana los resultados de una investigación de 15 años de duración acerca de la distribución de los números primos, un problema de la matemática posmoderna que hasta ahora no había sido resuelto. Formularon la resolución basados en la teoría tetraléctica, que en su esencia, "es la existencia de cuatro estados en nuestro entorno: lo cierto, lo falso, lo posiblemente cierto y lo posiblemente falso".

La "Solución F6", desarrollada por estos científicos, es una matriz 7x7 (un cuadrado ajedrezal) en cuya cruz central se encuentran los algoritmos. La aplicación tetraléctica consiste, en tanto, en elevar un ápice desde el centro de este cuadrado y convertirlo en una pirámide de cuatro lados. A partir de esto, y gracias al algoritmo, se generan números primos por dos de las cuatro bandas.

Libros

Debéis leer libros. Libros de divulgación, libros de historia, libros de investigación, libros de texto y libros de cabecera. Hay una serie de libros que todo el mundo conoce, que forman parte de la *cultura general* de la profesión.

Algunos libros recomendados

HOFSTADTER: Gödel, Scher, Bach

DAVIS; HERSH: La experiencia matemática

PETERSON: El turista matemático

STEWART: ¿Juega Dios a los dados?

COURANT-ROBBINS: ¿Qué es la matemática?

²⁵ <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/>

Revistas

Y revistas... Nuestra Facultad recibe unas 200 revistas de investigación. En el mundo se publican al año unos 80.000 artículos en revistas de Matemáticas. ¿Cómo hacemos para movernos entre tanta revista y estar al tanto de lo que se hace?

Lo primero, conviene conocer unas cuantas revistas que sean de divulgación, o que edite una Sociedad Una que me encanta es el *Mathematical Intelligencer*, que publica artículos de un nivel matemático un poco por encima de lo que sería primer curso. Otra muy buena, con un nivel un poco más alto, podría ser el *American Mathematical Monthly*.

Muy interesante también es *UMAP*, que publica módulos didácticos a nivel del primer ciclo, y que puede daros muchas ideas si dais clase en Bachillerato (por ejemplo, uno de los últimos números explica cómo determinar órbitas de satélites mediante el cálculo vectorial). Su objetivo es mejorar las clases de Matemáticas hablando de aplicaciones.

En castellano tenemos *La Gaceta de la RSME*. Hay versión en papel y electrónica²⁶, y tiene secciones de historia, de asuntos profesionales, de temas matemáticos, tanto a nivel de divulgación como un poco más avanzado, de matemática computacional, educación y avisos de acontecimientos. Se publican 3-4 volúmenes al año, de unas 300 páginas cada uno.

Revistas de investigación

Los resultados nuevos en Matemáticas se publican en las revistas de investigación. De las 2.000 revistas aproximadamente cubiertas por una base de datos como *Zentralblatt für Mathematik*, unas 150 son consideradas de primera calidad. Un matemático profesional necesita saber cuáles son las revistas muy buenas, las del siguiente nivel, y las de calidad media, para decidir dónde va a publicar sus artículos.

Hay muchos indicadores para considerar que una revista es mejor que otra: algunas son muy antiguas, otras fueron fundadas por matemáticos importantes, otras tienen un comité editorial muy bueno, otras se ajustan mejor a tu especialidad. También se usan determinados índices bibliométricos como el factor de impacto, el índice de inmediatez o la semi-vida de un artículo. Sin embargo, cuanto más desarrollado científicamente está un país menos importancia se da a estos índices cuantitativos y más a las consideraciones cualitativas²⁷.

Existen empresas como [ISI Thomson](http://isiwebofknowledge.com/)²⁸ que comercializan este tipo de información bibliométrica. Así por ejemplo, las diez revistas más importantes de Matemáticas, son las de la tabla adjunta, si se admite como único criterio de calidad el factor de impacto (es decir, el número medio de veces que es citado, durante un determinado período de

²⁶ La versión electrónica está disponible, sólo para socios, en <http://www.rsme.es/gacetadigital/>

²⁷ Lamentablemente, en España se contrata todavía a muchos investigadores únicamente a partir de criterios numéricos mediante fórmulas sólo aparentemente objetivas, lo que es un síntoma de subdesarrollo.

²⁸ <http://isiwebofknowledge.com/>

tiempo, un artículo publicado en esa revista).

Revista	Citas por artículo
J ROY STATIST SOC SER B METHO	28.09
J AMER STATIST ASSN	12.37
SIAM REV	11.38
STAT SCI	11.03
ACTA MATH	9.71
ANN MATH	9.67
J AMER MATH SOC	9.39
ANN STATIST	9.36
BULL AMER MATH SOC	8.28
BIOMETRIKA	8.28
Fuente ISI Thomson	

Es posible investigar también cuáles son los matemáticos más citados por sus colegas. Por ejemplo, en este momento (Mayo 2005) entre los diez artículos españoles más citados vemos que aparecen profesores de Santiago (W. G. Manteiga).

Se puede también comparar la producción científica de cada país desde los años 80. En el cuadro adjunto vemos que España ocupa el décimo lugar mundial en número de trabajos publicados en Matemáticas.

		Nº artículos	Citas por artículo
1	USA	58,750	3.45
2	FRANCE	19,505	2.73
3	GERMANY	16,552	2.81
4	CHINA	12,909	1.62
5	RUSSIA	11,332	1.17
6	JAPAN	10,863	1.85
7	CANADA	9,960	2.76
8	ITALY	9,922	2.32
9	ENGLAND	9,894	3.48
10	SPAIN	7,974	2.25
11	AUSTRALIA	5,295	3.05
12	ISRAEL	4,542	2.94
13	POLAND	4,128	1.87
14	INDIA	3,959	1.28
15	SOUTH KOREA	3,258	1.53
16	NETHERLANDS	3,257	3.02
17	BRAZIL	2,788	1.99
18	BELGIUM	2,524	3.35
19	TAIWAN	2,482	2.20
20	HUNGARY	2,323	1.87

Fuente: ISI Web of Knowledge

Preprints

No sólo leemos artículos ya publicados. Incluso antes de ser aceptados por una

revista, los trabajos circulan en forma de *preprints*. Actualmente es costumbre depositarlos en algún servidor, para ponerlos a disposición de los colegas. El más conocido para Física y Matemáticas es el [arXiv: e-preprint archive](http://arxiv.org)²⁹, anteriormente en Los Álamos y ahora en Cornell, dirigido por el físico Paul Ginsparg. Otro servicio es MPRESS³⁰, de la Sociedad Matemática Europea.

¿Cómo se publica?

Sin embargo, pese al amplio uso del sistema de preprints, los artículos de verdad, los que quedan para el futuro, son los que han sido aceptados por un comité editorial de una revista después de un informe de uno o varios *referees* (jueces o árbitros). Este proceso es muy importante, porque los matemáticos leemos artículos muy antiguos, de los que esperamos una fiabilidad razonable.

Explicaré brevemente cómo se publica un artículo. Antes de nada, de acuerdo con la calidad que atribuyamos a nuestros resultados, escogeremos una revista de más calidad o más modesta. Esta es una decisión difícil; además el resultado puede ser aleatorio y no siempre es inteligente decidirse por la peor revista.

Lo segundo es enterarse del retraso que tiene cada revista debido a los artículos acumulados (este dato lo publica por ejemplo la revista *Notices* de la Sociedad Matemática Americana). A veces tendremos mucha prisa en publicar, otras no. Una vez enviado el trabajo, la revista nos devuelve un acuse de recibo y pone en marcha el proceso editorial.

En primer lugar, hay un editor especializado en nuestro tema, que enviará el artículo a un referee para que evalúe nuestro trabajo (en ocasiones especiales o en revistas de primerísima calidad lo enviarán a más de un referee). Este informe puede tardar unos seis meses, y de él nos enviarán una copia, pero nunca sabremos quién lo ha realizado. De acuerdo con el informe, el editor tomará la decisión de o bien aceptar el artículo, o bien rechazarlo. En este último caso, puede ir acompañado de algún comentario adicional: no vale para nada; es interesante pero no para ser publicado en esta revista; no tenemos sitio. En ocasiones podrán pedir al autor que introduzca cambios y correcciones.

He aquí una carta (extrema) de una revista china que ha decidido rechazar un artículo³¹

Hemos leído su manuscrito con deleite sin límites. Pero, si publicásemos su artículo, sería imposible para nosotros publicar ningún otro trabajo de inferior calidad. Y como es impensable que en los próximos mil años veamos otro igual, tenemos, con gran

²⁹ El espejo español está en Zaragoza, en <http://es.arxiv.org/>

³⁰ MPRESS The Mathematics Preprint Search System, <http://mathnet.preprints.org/>

³¹ Traducido de S. Krantz, *ibídem*.

disgusto, que devolverle su divina composición. Le rogamos mil veces que nos disculpe por nuestra falta de miras y por nuestra cobardía.

Este sistema de *peer review* (evaluación por tus colegas) es el habitual en todas las ramas científicas, y descansa en el anonimato de los *referees*. En Matemáticas, la duración de todo el proceso (desde que se envía el artículo hasta que aparece publicado) puede ser de hasta uno o dos años. En otras áreas científicas el lapso es mucho menor.

Bases de datos

Una vez publicados, los artículos con referee pasan a alguna base de datos y a un servicio que elabora una ficha bibliográfica y publica reseñas o reseñas, es decir un resumen del trabajo junto a algún comentario crítico o una explicación del contexto. Esto simplifica enormemente el trabajo de decidir qué artículos nos interesa leer.

Las bases de datos más conocidas son *Zentralblatt*³², de la Sociedad Matemática Europea y *Mathematical Reviews*³³, de la AMS. Por ejemplo, para Zentralblatt trabajan como revisores más de 8.000 matemáticos, y la base de datos contiene reseñas de 2.000.000 de artículos desde el siglo XIX y 250.000 enlaces a revistas electrónicas. Existe una base de datos análoga, llamada [MATHDI](http://mathdi.cesga.es)³⁴, para artículos relacionados con la didáctica de las Matemáticas.

Algunas reseñas de estos servicios se han convertido en leyendas:

Este artículo contiene resultados nuevos e interesantes. El problema está en que los resultados nuevos no son interesantes, y los interesantes no son nuevos.

O esta otra³⁵:

*El artículo usa un formalismo de dudosa necesidad. Los resultados fueron anunciados en dos notas ilegibles en C.R.A.S.*³⁶

Para terminar este apartado he seleccionado unas frases tomadas de libros: “El autor discute medidas sin valor en espacios sin puntos” (P. Halmos); “Dejamos los detalles de esta demostración para los enfermos mentales”; “Agradezco a mi familia que me impidiera quemar el manuscrito”.

¿Cómo escriben?

Los matemáticos profesionales (también algunos físicos e ingenieros) no utilizan un editor de texto cualquiera para escribir sus artículos. *TeX* es el programa de creación de documentos que utilizan todos los matemáticos. Es un lenguaje de programación de alto nivel creado por Donald Knuth en los años 80. Debido a la presencia de fórmulas

³² El espejo de la versión electrónica ZMATH está en Santiago, en el CESGA (Centro de Supercomputación de Galicia), y puede accederse en modo demostración o completo en <http://zmath.cesga.es>

³³ En el servidor MathSciNet. El acceso, sólo para suscriptores, es <http://www.ams.org/mathscinet>

³⁴ En el CESGA hay también un espejo, <http://mathdi.cesga.es>

³⁵ Escrita por R.H. Fox en 1959 para *Mathematical Reviews*

³⁶ CRAS es la revista *Comptes Rendus* de la Academia de Ciencias de París.

complicadas, y también para que los enunciados de los teoremas y definiciones queden claramente diferenciados del resto del texto, se escribe un código (sin preocuparse de la apariencia) que después es compilado. El programa genera automáticamente un texto de apariencia profesional. Además gestiona las referencias bibliográficas.

El esquema de un texto en TeX (o en LaTeX³⁷, que es una versión simplificada), es como sigue.

```

Texto en LaTeX
\documentclass[11pt]{article}
\begin{document}
TEXTO, FÓRMULAS
BIBLIOGRAFÍA
\end{document}

```

El texto se escribe con cualquier editor ASCII, sin preocuparse para nada de tipos de letra, márgenes ni separaciones. Las fórmulas se escriben codificadas, como ésta:

```

$$
\int\limits_0^{\infty} e^{-x^2/2} dx = \sqrt{\pi/2}
$$

```

El resultado final, sin embargo, es este otro: $\int_0^{\infty} e^{-x^2/2} dx = \sqrt{\pi/2}$

Existen diferentes versiones de TeX y muchísimos subprogramas escritos para las más diversas tareas (generar índices, crear una base de datos bibliográficos, incorporar imágenes o preparar presentaciones). Aunque hay programas comerciales, la mayor parte son gratuitos, preparados por una comunidad de código abierto que se llama [TUG \(TeX Users Group\)](http://www.tug.org)³⁸. En España existe el grupo CervanTeX³⁹.

Aunque todas las revistas obligan en la práctica a escribir en alguna versión de TeX, en estos momentos hay una fuerte discusión sobre el futuro de TeX. Estaba prevista la aparición de la versión LaTeX 3, pero es posible que acabe siendo substituída por algún dialecto de XML. En particular, MathML es una especificación para describir la semántica de las fórmulas matemáticas, de manera que se permita la comunicación entre máquinas y la inclusión de expresiones matemáticas en las páginas web.

Digitalización

Como véis, el proceso de edición y catalogación de artículos en Matemáticas está altamente tecnificado. Otra cosa distinta es el acceso de los investigadores a las versiones completas de los trabajos ya publicados. El precio de las suscripciones a revistas es altísimo (por ejemplo una Facultad en España puede gastar en suscripciones del orden de 150.000 euros al año), y se incrementa un 10% anual. Además, la mayor parte de las revistas están controladas por un par de editoriales comerciales multinacionales.

³⁷ Desarrollada por Leslie Lamport, incorpora una serie de macros, contadores y entornos que ya no es necesario programar.

³⁸ <http://www.tug.org>

³⁹ <http://filemon.mecanica.upm.es/CervanTeX/>

(i) WDML

Por estas y otras razones se ha puesto en marcha un proyecto de digitalización de toda la literatura matemática, llamado [WDML](#)⁴⁰ (World Digital Mathematics Library) y patrocinado por la Unión Matemática Internacional.

Los problemas técnicos que plantea el proyecto son enormes: qué formatos utilizar (TIFF, PDF, PS, DVI), cómo resolver la cesión de derechos de autor (*copyright*) al menos cuando haya transcurrido un determinado plazo después de que un trabajo ha sido publicado; dónde almacenar y cómo dar acceso al material resultante, etc., etc.

Pero el objetivo ideal es que cualquier matemático tenga acceso gratuito a través de Internet a la versión completa de cualquier artículo publicado.

En Europa se ha puesto en marcha también el proyecto DML-EU, auspiciado por la EMS, y en España se van a comenzar a digitalizar ya todos los volúmenes de diez revistas de investigación en Matemáticas. Esto se hará con fondos del Ministerio de Educación y Ciencia, gracias a un proyecto en el que participan el CEMAT y un centro de documentación del CSIC llamado CINDOC (Centro de Información y Documentación Científica).

(ii) Portales

Ya hemos citado algunos portales de interés en Matemáticas. Para el acceso a revistas ya digitalizadas, tenemos:

- [ReviCien](#)⁴¹, La *Red de Revistas Científicas Españolas* reúne las principales publicaciones científicas editadas en España. Esto convierte a la plataforma en un valioso recurso on-line para investigadores, estudiantes y bibliotecas;
- [NUMDAM](#)⁴², El programa NUMDAM de CelluleMathDoc en Grenoble está financiado por el CNRS francés y se propone la digitalización retrospectiva de los fondos matemáticos (revistas y series de seminarios) publicados en Francia.
- [CEMAT](#)⁴³ En la Comisión de Información y Comunicación Electrónicas del CEMAT ofrecemos acceso a otros portales interesantes como:
- ElibM: La *Biblioteca Electrónica de Matemáticas* contiene revistas en línea, colecciones de artículos y monografías de Matemáticas. Todo el material está en formato electrónico y el acceso es, por lo general, libre;
- EMANI: *Electronic mathematical archiving network initiative*. Revistas retrodigitalizadas proporcionadas por bibliotecas universitarias de referencia y por editoriales;
- Mathweb – journals. El catálogo de revistas matemáticas de todo el mundo mantenido por la AMS.

Algunas conclusiones

Muy brevemente. Como podéis ver, se podría seguir hablando de miles de cosas. Lo que me interesaba es que os dieseis cuenta de que una profesión, aparte de unos *conocimientos*, es compartir una *cultura*, lo que significa esencialmente compartir

⁴⁰ <http://www.ceic.math.ca/WDML/index.shtml>

⁴¹ <http://www.revicien.net/>

⁴² <http://www.numdam.org/>

⁴³ <http://www.ce-mat.org/infoelec/revistas.htm>

tradiciones, herramientas y lenguaje. Veamos algunas conclusiones que se podrían sacar de todo lo dicho:

- *No trabajes por libre*, sin saber lo que otros hacen, sin integrarte en un equipo, sin estar enterado. Estate al tanto de las novedades: nuevos teoremas, demostraciones de antiguas conjeturas, descubrimiento de nuevos resultados, avances en la investigación, nuevos conceptos, nuevas perspectivas. Un buen libro para comenzar es *Images des Mathématiques*, editado en 2004 por E. Ghys y J. Ista. Puedes descargarlo gratuitamente en la red⁴⁴.
- *Sobrevive en la profesión*: Ten fortaleza y confianza en que tu trabajo sirve para algo; evalúa cuándo no vale la pena seguir con un proyecto y organízate para tener siempre algo que enseñar o para detectar que no estás haciendo progresos. *Haz visible tu trabajo*. Tu trabajo no sirve para nada si no tiene *impacto*. No publiques en una revista obscura que nadie lee nunca. Habla con la gente, date a conocer.
- *Rentabiliza tu trabajo*. El matemático/a de éxito convierte los intentos y fracasos en un conjunto de resultados y conjeturas. El otro se pasa dos años de trabajo y al final lo tira todo a la papelera (S. Krantz, *ibídem*).
- *Búscate un trabajo en serio*. Esto quiere decir que busques trabajo sin autolimitarte (no tiene por qué ser exactamente en el lugar que habías planeado y ya sabes que hay un abanico de posibilidades mucho más amplio de lo que habías pensado). Buscar un trabajo en serio significa preparar un buen C.V., hacer una propuesta, memoria o proyecto fáciles de leer y autocontenidos. Pide cartas de recomendación.
- *Hazte socio de cualquier sociedad*. Es el mejor consejo para integrarte en la profesión. Además, así conseguirás probablemente información sobre ofertas de trabajo, cursos de formación permanente, convocatorias de becas o puestos de investigación e información sobre oposiciones. Posiblemente te faciliten también modelos de páginas personales, cartas de referencia y modelos de elaboración de C.V. adecuados.
- *Vente al ICM 2006*. Una buena ocasión para conocer el mundillo matemático de cerca y a las grandes figuras será el *International Congress of Mathematicians* que se celebrará en Madrid en Agosto de 2006. Podrás ver al Rey entregando las medallas Fields, y harán falta voluntarios/as para la organización.

E. Macias Virgós Mayo 2005

macias@zmat.usc.es

<http://www.usc.es/imat/quique>

Transcripción: Antonio, clases particulares en Vigo (604.02.96.20)

⁴⁴ <http://www.spm.cnrs-dir/actions/publications/IdM.htm>